

# 바다-IV/I<sup>2</sup>R: 고차원 이미지 색인 구조를 이용한 효율적인 내용 기반 이미지 검색 시스템의 설계와 구현

김 영 균<sup>†</sup> · 이 장 선<sup>††</sup> · 이 훈 순<sup>†††</sup> · 김 완 석<sup>††</sup> · 김 명 준<sup>††††</sup>

## 요 약

텍스트, 이미지, 동영상과 같은 다매체 데이터를 효과적으로 관리하는 멀티미디어 데이터베이스 시스템에서 동영상이나 이미지 데이터에 대한 내용 검색의 필요성이 여러 응용들로부터 요구되고 있다. 본 논문에서는 바다-IV 멀티미디어 데이터베이스 시스템을 이용하여 이미지 데이터들 효율적으로 저장, 관리하고, 색상, 모양, 질감과 같은 이미지의 시각적인 특징을 이용한 이미지의 유사도 검색을 제공하는 이미지 검색 시스템인 바다 IV/I<sup>2</sup>R을 설계하고 구현한다. 바다-IV/I<sup>2</sup>R에서는 확장 SQL을 이용하여 시각적인 특징 값에 의한 내용 검색에 이미지의 의미 정보인 주석이 결합된 이미지 내용 검색 질의를 정의하고, 고차원 이미지 색인 기법인 CIR-트리를 이용하여 이미지 검색 질의가 처리된다. 따라서, 이미지 내용 검색 질의의 구성이 용통적일 뿐만 아니라 빠르고, 높은 검색 성능을 제공한다. 이를 확인하기 위해서 본 논문에서 제시된 바다-IV/I<sup>2</sup>R 시스템의 성능 평가를 수행하였으며, MPEG-7에서 이용하는 BEP(Bull's Eye Performance) 평가 방법으로 검색 적합성 실험을 수행하고, 그리고 기존의 X-트리와 TV-트리 색인과의 비교 실험을 통해서 CIR-트리의 성능이 뛰어남을 확인한다.

## BADA-IV/ I<sup>2</sup>R: Design & Implementation of an Efficient Content-based Image Retrieval System using a High-Dimensional Image Index Structure

Young-Kyoon Kim<sup>†</sup> · Jang-Sun Lee<sup>††</sup> · Hun-Soon Lee<sup>†††</sup> · Wan-Seek Kim<sup>††</sup> · Myung-Joon Kim<sup>††††</sup>

## ABSTRACT

A variety of multimedia applications require multimedia database management systems to manage multimedia data, such as text, image, and video, as well as to support content-based image or video retrieval. In this paper we design and implement a content-based image retrieval system, BADA-IV/I<sup>2</sup>R (Image Information Retrieval), which is developed based on BADA-IV multimedia database management system. In this system image databases can be efficiently constructed and retrieved with the visual features, such as color, shape, and texture, of image. We extend SQL statements to define image query based on both annotations and visual features of image together. A high-dimensional index structure, called CIR-tree, is also employed in the system to provide an efficient access method to image databases. We show that BADA-IV/I<sup>2</sup>R provides a flexible way to define query for image retrieval and retrieves image data fast and effectively. The effectiveness and performance of image retrieval are shown by BEP (Bull's Eye Performance) that is used to measure the retrieval effectiveness in MPEG-7 and comparing the performance of CIR-tree with those of X-tree and TV-tree, respectively.

† 정 회 원 한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어기술연구소  
신입연구원  
†† 조 회 원 한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어기술연구소  
책임연구원  
††† 상 회 원 한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어기술연구소  
연구원  
†††† 총신회원 한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어기술연구소  
책임연구원  
논문접수 1999년 12월 30일, 심사완료 2000년 2월 16일

## 1. 서 론

이미지 혹은 동영상 등과 같은 대용량의 멀티미디어 데이터를 초고속으로 전송할 수 있는 인터넷 환경의 구축, 이미지 처리와 컴퓨터 비전(computer vision) 기술 등과 같은 멀티미디어 처리 능력, 그리고 대용량 자료의 효과적인 저장 관리 기술 등을 기반으로 여러 응용들에서 대량의 이미지 정보를 구축하여 유통시키고 있다. 이미지 데이터를 생산하는 응용들로는 전자 도서관, 전자 화랑 등과 같은 멀티미디어 정보 검색 분야, 의료 영상 진단, 기상 관측, 위성 이미지 검색, 전자상거래 분야 등이 있으며, 이러한 이미지 데이터베이스 응용들에는 내용 기반 이미지 검색(content based image retrieval)의 필요성이 증가되고 있으며, 최근까지 많은 내용 기반 이미지 검색 시스템들이 연구, 개발되고 있다[1, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 16].

대규모 이미지 데이터베이스에서 이미지 내용 검색을 처리할 때 이용되는 다양한 형태의 메타 데이터들(meta data)이 존재한다. 주요한 메타 데이터로 이미지에 대한 의미 정보에 해당하는 주석(annotation), 그리고 이미지 데이터에서 컴퓨터 비전이나 패턴 인식 기술을 적용하여 추출한 시각적인 특징(visual feature) 값 등이 있다. 전자의 방식은 이미지의 의미 정보를 기술하는 사람과 실제 검색을 수행하는 사용자 사이에 핀점 불일치(semantic mismatch)로 인한 검색의 비효율성이 문제점으로 지적되고 있으며, 이를 극복하기 위해 후자 방식으로 많은 연구가 진행되었다[1, 6, 8, 9, 11, 16] 그러나 이미지의 시각적 특징(또는 특징 벡터) 값에 의한 검색 방법도 특징 벡터 추출의 불완전성으로 인한 검색의 정확도가 완전하게 보장되지 않는 단점이 있다. 따라서, 보다 효율적인 이미지 내용 검색을 위해서는 위의 두 가지 방식을 통합하여 검색의 문제점을 상호 보완하는 이미지 내용 검색 시스템이 제시되고 있다[17].

내용 기반 이미지 검색 연구들이 이미지 검색의 정확도를 높이기 위해 특징 벡터 추출기의 개발을 중심으로 진행되고 있으나, 이미지 데이터의 규모가 커질수록 이미지 내용 검색에 활용되는 다양한 메타 데이터와 대규모 이미지 데이터의 효율적인 관리가 필요하다. 이를 위해서는 강력한 데이터 관리 기능을 제공하는 데이터베이스 시스템(DBMS)의 활용이 필수적이며, 특히 멀티미디어 응용에 적합한 객체지향 데이터베이스

시스템이 요구된다. 비다-IV/I<sup>2</sup>R(image information retrieval)은 위에 기술한 두 가지의 요구사항을 모두 만족시키는 내용 기반 이미지 검색 시스템으로써, 다음과 같은 특징들을 갖는다.

- 이미지 데이터베이스와 다양한 메타 데이터의 효율적인 통합 관리  
이미지를 데이터베이스에 저장 혹은 변경할 때, 지등으로 이미지의 특징 벡터를 추출하여 저장 관리하므로, 특징 벡터 값의 관리 복잡도를 감소시키며, 그리고 이미지 의미 정보를 기술한 정형 데이터 또는 전문 정보를 통합 관리할 수 있다.
- 확장 SQL을 기반으로 융통적이며, 통합된 이미지 검색 질의 처리 제공  
정형 데이터를 이용한 이미지 검색, 전문 정보를 이용한 이미지 검색, 그리고 이미지의 특징 벡터를 이용한 이미지 검색 등을 포괄적으로 수용하는 이용이 편리한 SQL 언어를 제공한다.
- 고차원 이미지 색인 기법을 이용한 신속한 이미지 내용 검색 지원  
특징 벡터를 이용한 내용 기반 이미지 검색에서 특징 벡터의 차원 수 증가로 인한 속도 저하 문제점을 해결하는 고차원 이미지 색인 구조를 사용하여 향상된 검색 성능을 제공한다.
- 새로운 응용으로 확장 편의성  
이미지 내용 검색 기능을 내장한 DBMS이기 때문에 이미지 응용 개발의 범용 플랫폼으로써 새로운 응용의 개발이 쉽고, 기존 이미지 검색 응용들의 확장이 편리하다

본 논문에서는 위와 같이 효율적으로 이미지 데이터를 관리하고 고차원 이미지 색인과 이미지의 다양한 특징 벡터를 이용한 효율적인 이미지 내용 검색을 제공하는 비다-IV 멀티미디어 DBMS에 기반한 이미지 검색 시스템(비다-IV/I<sup>2</sup>R)을 제안하고, 이를 설계, 구현한 내용을 기술한다

본 논문의 구성은 다음과 같다 먼저, 2장에서는 내용 기반 이미지 검색 시스템들에 관련된 기존 연구들과 고차원 이미지 색인 연구들에 특성과 문제점에 대해 설명한다. 3장에서는 비다-IV/I<sup>2</sup>R의 전체 구성과 이미지 관리와 내용 검색을 위한 세부 구조를 기술하며, 이미지 내용 검색에서 이용하는 특징 벡터의 구성, 그리고 통합 이미지 검색 질의 처리 방법을 제시한다. 4

장에서는 빠른 이미지 검색을 위한 바다-IV/ $I^2R$ 의 고차원 색인 구조인 CIR-트리의 구성과 검색 처리에 대해 설명하고, 그리고 5장에서는 구현된 시스템의 실험 결과와 분석을 다룬다. 마지막으로 6장에서는 요약 및 앞으로의 연구 방향에 대해 설명한다.

## 2. 관련연구

이 장에서는 최근에 활발하게 진행되고 있는 이미지의 시각적인 특징 벡터를 이용한 내용 기반 검색 기법 연구들과 이미지의 특징 벡터를 이용하여 신속한 검색을 위해 제안된 여러 고차원 색인 기법에 대해 살펴본다.

### 2.1 내용 기반 이미지 검색 연구

IBM Almaden에서 개발한 QBIC[11] 시스템은 처음으로 상용화된 내용 기반 이미지 검색 시스템으로써, 이미지의 색상, 모양, 그리고 질감 특징을 이용한 검색이 지원되는 시스템이다. 이는 사용자에게 다양한 시각적인 질의 인터페이스를 제공하며, 그리고 다차원 이미지 색인 기법인 R\*-트리를 이용하여 여러 특징 값에 대한 이미지 색인을 구성함으로써, 이미지 검색 성능을 향상시킨다. 그러나, 이 시스템은 이미지의 특징 값 추출 과정이 완전히 자동으로 처리되지 않으며, 그리고 이미지 의미 정보와 이미지 특징 값의 통합 검색이 지원되지 않는 단점이 있다.

Columbia Univ.에서 개발한 VisuSEEK[9]은 웹 환경에서 내용 기반 이미지 검색을 지원하는 시스템으로, 이미지의 시각적인 특징 값과 함께 공간 관계(spatial relationship)에 기반한 공간 질의를 동시에 수행할 수 있다. 그러나 이 연구에서는 이미지의 색상 특징만을 이용한 검색이 지원되는 한계가 있으며, 주석에 기반한 이미지 내용 검색이 지원되지 않는다.

Photobook[1]은 MIT 대학에서 개발한 이미지 검색 시스템으로써, 이미지에서 모양과 질감 특징을 각각 추출하고, 이를 기반으로 이미지 내용 검색을 지원하며, 또한 이미지의 의미 정보인 주석에 기반한 검색도 가능하다. 그러나, 이 연구에서도 고차원 이미지 색인 기법이 없으며, 그리고 색상 특징 값에 의한 검색이 제한되어 있는 단점이 있다.

MARS[12] 시스템은 Illinois Univ.에서 제안한 이미지 내용 검색 시스템이며, 이미지에서 색상, 모양, 질감 특징을 각기 추출하고, 이를 이용하여 둘 이상의 특징

값들을 조합시킨 복수 특징값 검색이 지원된다. 또한, 이 시스템은 복수 특징값을 이용한 이미지 검색에서 사용될 수 있는 다양한 이미지 유사도 검색 모델을 제공한다. 그러나, 이 연구에서는 이미지 유사도 검색 모델 연구와 이미지의 특징 추출에 중점을 두고, 신속한 검색을 위한 고차원 이미지 색인에 대해서는 고려하지 않았다.

Chabot[16]은 Berkeley Univ.에서 제안한 이미지 검색 시스템으로써, 앞서 언급된 이미지 검색 시스템들과 달리 POSTGRES 관계형 DBMS를 기반으로 이미지의 내용 검색을 지원한다. 따라서, 이미지의 내용 검색 뿐만 아니라 이미지 데이터베이스의 효율적인 관리도 지원되며, 또한, 한정된 형태의 주석에 기반한 검색을 제공한다. 그러나, 이 연구에서는 이미지에서 색상 정보만을 추출하기 때문에 색상에 기반한 내용 검색만이 가능하며, 이미지 색상 특징 값에 대한 고차원 이미지 색인 기법을 지원하지 못하는 단점이 있다.

### 2.2 고차원 이미지 색인 연구

효율적인 이미지의 내용 검색을 위해서는 이미지 특징 데이터를 이용한 색인이 구축되어 있어야 하는데 기존의 색인 기법으로는 고차원의 특징 벡터를 수용하지 못한다. 이에 따라 고차원의 특징 데이터를 위한 고차원 색인(high-dimensional index)에 대한 여러 연구가 진행되고 있다.

R\*-트리[13]는 탐색 경로를 최적화하기 위해 사각형의 겹침 영역, 먼적, 들레 등을 고려함으로써 검색의 효율을 높인 색인 구조이다. 새로운 객체 삽입으로 인한 오버플로우가 발생할 때는 분할을 수행하기 전에 먼저 정의된 만큼의 엔트리들을 재 입력함으로써 검색 성능이 향상된 트리의 동적인 재구성 문제를 제시하였고, 노드의 분할 시에는 최적의 분할을 위한 분할 축을 결정하는 분할 알고리즘도 제공하였다. 그러나, R\*-트리는 차원이 5이상으로 증가할 때, 겹침 영역이 90% 이상으로 증가되고 공간 요구량이 커짐에 따라 트리의 분기 수가 1인 형태의 선형 구조가 되어 색인으로서 효력이 상실되는 문제가 있다.

TV-트리[10]는 대부분의 다차원 색인 구조들이 특징의 수가 증가함에 따라 시간 또는 공간 요구량이 지수 함수적으로 증가되어 높은 차원의 색인 구조로서 효과를 상실하는 문제점을 해결한 색인 구조이다. 색인을 위한 차원 수를 가변적으로 사용함으로써 루트노

드에 근접한 노드들에 대해서는 적은 차원을 사용하여 많은 가치를 저장하고, 하위 레벨로 내려감에 따라 많은 차원을 사용하여 분별력을 갖도록 했다. 하지만 특징들이 차원의 중요도에 따라 순서화 되어있어야 하며, 특징 값들이 차원과 정확히 일치해야 한다는 가정을 만족시켜야 하는 단점이 있다.

X-트리[15]는 검색 성능 저하의 원인인 겹침 영역을 최소화하기 위해 제안된 고차원 색인 구조이다 분할시 겹침 영역이 최소가 되지 못할 때는 분할하지 않고, 노드의 크기가 가변적으로 확장될 수 있는 슈퍼노드를 사용하는 선형 구조와 R-트리의 계층 구조가 합성된 형태이다. 저장원에서 효율적인 계층 구조는 고차원으로 갈수록 겹침 영역이 증가되기 때문에 계층구조보다 선형 구조가 기억 공간이 절약되고 빠른 접근이 가능하다는 것이다. 그러나, 분할 시에 특징의 수가 증가할수록 분할 축의 선택 문제가 발생하며, 잘못된 분할 축의 선택은 거대한 슈퍼노드를 생성시켜 순차 검색을 발생시킨다. 이것은 최악의 경우 트리의 구성을 불가능하게 한다.

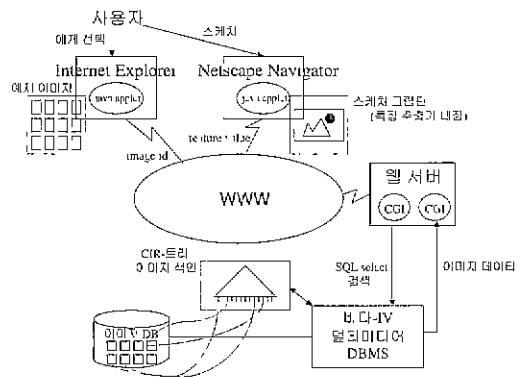
### 3. 바다-IV/IR: 내용 기반 이미지 검색 시스템

바다-IV/IR은 [16]에서 제시한 방법에서와 같이 객체지향 DBMS를 근간으로 효율적인 이미지 데이터 관리와 내용 기반 이미지 검색을 지원하는 시스템으로써, [1, 9, 11, 12] 연구들의 문제점으로 지적된 고차원 이미지 색인 기법과 다양한 이미지의 특징 벡터에 기반한 복수 특징량에 의한 검색, 그리고 이미지의 주석과 시각적인 특징 벡터에 의한 검색을 통합시킨 시스템이다.

이 장에서는 바다-IV/IR 시스템의 전체 구성을 설명하고, 이미지의 효율적인 관리와 신속한 내용 검색을 제공하기 위한 세부 구조를 기술한다. 다음으로, 내용 기반 이미지 검색에서 활용하는 이미지의 특징 벡터 추출과 구성 방법과 유사도 검색 처리를 위한 거리 함수에 대해 설명한다. 마지막으로, 기존의 DB 질의와 이미지의 주석 기반 검색 질의, 그리고 이미지의 내용 기반 검색 질의가 혼합된 이미지 검색 질의어를 처리하는 방법을 기술한다.

#### 3.1 시스템 구성

바다-IV 멀티미디어 데이터베이스 시스템에 기반한 이미지 검색 시스템의 전체 구성은 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 이미지 내용 검색 시스템의 전체 구성

먼저, 이미지 검색을 위한 사용자 인터페이스는 웹 환경에서 사용자의 접근 편의성과 클라이언트 플랫폼의 독립성을 위해 자바 애플릿(java applet)으로 구성하며, 이는 사용자에게 예제 또는 스케치에 의한 검색(query by example or sketch) 인터페이스를 제공한다(부록 2 참조). 웹 서버는 CGI를 이용하여 이미지 데이터를 저장하는 바다-IV 데이터베이스 서버와 연결하고, 이미지 검색 질의어를 서버에 전달하여 서버에서 검색된 이미지들을 자바 인터페이스에 출력한다. 허부의 바다-IV DBMS는 이미지 데이터를 저장 관리할 뿐만 아니라 4장에서 설명되는 이미지 색인을 구성/관리하며, 이를 이용하여 사용자에게 의해 요청된 이미지의 내용 검색 질의를 처리한다.

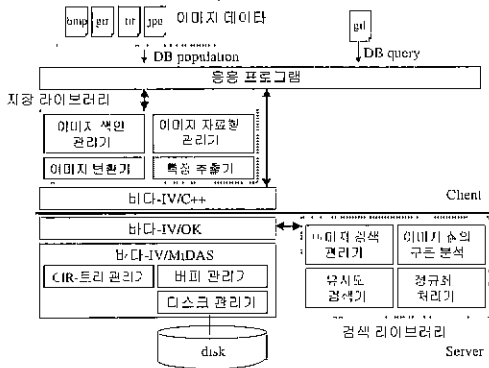
#### 3.2 이미지 관리와 검색을 지원하는 상세 구조

이 절에서는 이미지 저장 관리와 검색을 핵심적으로 수행하는 바다-IV 시스템의 구조를 설명한다. 먼저, 이미지와 관련된 새로운 응용의 개발을 쉽게 하고, 데이터베이스 시스템을 이용한 효율적인 이미지 관리가 수행될 수 있도록 바다-IV 시스템에서는 이미지 데이터의 저장과 내용 검색을 위해서 독립적인 이미지 클래스 라이브러리를 제공한다.

이미지 클래스 라이브러리의 종류는 두가지이며, 하나는 이미지 데이터의 저장 관련된 이미지 데이터 타입을 지원하고, 이미지에 연관된 함수들을 제공하는 저장 클래스 라이브러리이며, 나머지는 고차원 이미지 색인을 이용하여 이미지의 내용 검색 질의를 처리하는 이미지 검색 라이브러리이다. 고차원 이미지 색인 구조는 이미지 클래스 라이브러리와는 별도로 바다-IV의

하부 자료 저장 관리 서버 시스템인 바다-IV/MiDAS에서 지원한다.

이미지 저장 및 내용 검색을 위한 바다-IV 데이터베이스 시스템의 상세 구조는 (그림 2)와 같다



(그림 2) 이미지 저장/검색을 위한 바다-IV/IR의 상세 구조

3.2.1 이미지 저장 클래스 라이브러리

이미지 저장 클래스 라이브러리는 (그림 2)에서와 같이 바다-IV/C++를 기반으로 동작한다. 바다-IV/C++는 바다-IV/OK와 바다-IV/MiDAS로 구성된 바다-IV DBMS에 대한 C++ 사용자 인터페이스이다. 이미지 자료형 관리기는 이미지 클래스 타입을 지원하여, 이미지 자료를 저장할 뿐만 아니라 저장된 이미지에서 3가지 형태의 특징 벡터(색상, 모양, 질감) 자동 추출, 축소 이미지 자동 생성, 이미지 그래픽 포맷 변환(bmp, gif, tif, jpeg)의 상호 변환) 등을 온라인으로 자동 처리한다. 이 때, 이미지 변환기와 특징 추출기를 활용한다. 특징 추출기는 색상, 모양, 질감 각각에 대한 추출 알고리즘을 제공하며, 색상 특징 벡터에 대해서 HLS (Hue/Luminance/Saturation) 색상 모델에 기반한 색상 히스토그램(color histogram), 모양 특징 벡터에 대해서는 Zernike 모멘트를 이용한 특징 값, 그리고 질감 특징 벡터는 이중 Co-occurrence 행렬을 이용한 특징 벡터 값을 생성한다(3.3절에 설명).

그리고 이미지 색인 관리기는 이미지 자료형 형태로 디스크에 저장된 이미지들의 특징 벡터에 대해서 고차원 이미지 색인 관리 인터페이스를 제공하며, 실제로 고차원 이미지 색인의 생성, 변경, 삭제 등은 디스크 기반 자료 저장 서버 시스템인 바다-IV/MiDAS의 CIR-

트리 관리기에서 처리된다(CIR-트리는 4장에 기술).

본 논문에서 제시한 바다-IV 시스템에 기반한 이미지의 저장, 관리는 내용 기반 이미지 검색에 필수적인 특징 벡터들에 대한 일관된 관리가 자동으로 이루어지기 때문에 빈번한 이미지 데이터의 변경시에도 항상 이미지와 특징 벡터 값이 일관되게 유지되어 특징 벡터의 관리 복잡도가 있으며, 또한 이미지 색인에 대한 관리가 시스템 내부에서 수행되기 때문에 새로운 이미지 데이터가 추가, 변경될 때에도 항상 검색이 가능할 것임이 있다

3.2.2 이미지 검색 라이브러리

현재까지 SQL언어에는 내용 기반 이미지 검색을 지원하는 부분이 없으나, 바다-IV/IR에서는 내용 기반 이미지 검색을 위한 이미지 질의어(image string query) 구문을 새롭게 정의하고, 기존 SQL을 확장하여 정의된 이미지 검색 질의어와 긴밀하게 결합시킨 방법을 사용한다(3.5절 참조) 궁극적으로, 이미지의 내용 기반 검색 질의문은 확장 SQL의 SELECT 문으로 정의된다.

바다-IV 시스템에서 SQL SELECT 질의어의 처리 과정이 모두 서버에서 수행되기 때문에 이미지 검색 라이브러리는 저장 클래스 라이브러리와는 달리 바다-IV 시스템의 서버와 밀접함되어 있다(그림 2)

이미지 검색 라이브러리를 구성하는 요소들은 (그림 2)에서와 같이 이미지 검색 관리기, 이미지 질의 구문 분석기, 유사도 검색기, 그리고 정규화 처리기가 있으며, 먼저, SQL SELECT문을 접수한 바다-IV/OK에서 이미지 내용 검색 질의문을 파싱하고, 이를 인자로 이미지 검색 관리기를 수행시킨다.

이미지 검색 관리기는 질의어 구문 분석기, 유사도 검색기, 정규화 처리기를 이용하여 검색을 처리하고, 그 결과를 얻어 바다-IV/OK에 전달해 주는 역할을 수행한다 즉, 입력받은 이미지 검색 질의문에 대해서 실행 계획에 해당하는 실행 트리(execution tree)를 생성하도록 이미지 질의 구문 분석기를 호출하고, 실행 트리에 기반한 이미지 질의 처리를 위해 유사도 검색기를 수행시킨다 유사도 검색기는 앞서 생성된 실행 트리의 단말 노드에 해당하는 단일 특징 벡터 값에 의한 유사도 검색을 바다-IV/MiDAS에서 제공하는 CIR-트리 색인[19]을 이용하여 처리하고, 그 결과로 순위 값으로 순서화된 객체 식별자와 유사도 값 쌍으로 구성된 순위 리스트(ranking list)를 반환한다 이후에, 정규

화 처리기는 서로 다른 타입의 특징 벡터들이 결합된 이미지 검색 질의어인 경우에 각각의 유사도 검색기 처리 결과들을 통합시켜 새롭게 유사도 값을 계산하며, 그리고 최종 유사도 값을 [0, 1]사이의 값으로 정규화시킨다.

### 3.3 이미지 특징 벡터

일반적으로, 이미지 검색 시스템의 성능은 이미지의 시각적인 내용을 표현, 정의한 특징 벡터의 질과 특성에 증속되며, 이는 가능한 정확하게 이미지를 분별하는 특징 벡터의 선택이 필요한 동시에 검색 속도를 고려한 최적의 특징 벡터 구성에 대한 고려가 필요함을 의미한다. 이 절에서는 바다-IV 이미지 저장 라이브러리의 특징 추출기에서 사용하는 이미지의 특징 벡터 추출 방법과 특징 벡터의 구성에 대해 설명한다. 본 논문에서는 이미지 데이터에서 시각적인 내용으로 추정될 수 있는 특징의 타입으로 색상, 모양, 그리고 질감을 지원한다.

#### 3.3.1 색상 이미지 속성

이미지의 색상 특징 정보를 표현하기 위한 색상 모델로 RGB, HSI(HSV), HLS 색상 모델 등이 있으며[4], 본 논문에서는 색상 처리가 용이하며, 성능이 우수한 것으로 알려진 HLS(Hue/Luminance/Saturation) 색상 모델에 기반한 이중 고깔 색상 공간(double corn color space)을 이용한다[20] 그리고 이중 고깔 색상 공간을 빛의 순수한 정도(saturation)에 대해 3단계, 빛의 밝기 정도(lumance)에 대해 6단계, 그리고 색상 순수 정도 각 단계에 대한 미세한 반사광의 파장 길이(hue)를 각각 24, 16, 1단계로 구분하고, 이를 기반으로 118개의 bin(bin)에 대한 색상 히스토그램을 계산하여 특징 벡터로 활용한다.

색상 특징 벡터로 118차원의 색상 히스토그램을 사용하는 것은 데이터베이스 저장 측면에서 비효율적이며, 또한 성능이 뛰어난 고차원 이미지 색인 구조를 이용하더라도 검색 속도에 영향이 있가 때문에, 본 논문에서는 여러 번의 실험을 통해서 색상 특징 벡터의 질단을 수행하였으며, 결과적으로 35개의 bin<sup>1)</sup>으로 구성된

35차원의 색상 특징 벡터를 구성한다. 알고리즘 1은 칼라 이미지로부터 HSL 색상 모델에 기반한 색상 히스토그램을 이용한 특징 벡터 값을 추출하는 과정이다

#### <알고리즘 1 > 색상 특징 추출 과정

- 입력 : GIF, TIF, BMP, JPG 형식의 칼라 이미지
- 출력 : 35-차원 특징 벡터

1. 입력 이미지를 80×80으로 크기에 대한 정규화를 수행한다.
2. 입력 이미지가 완전 칼라 이미지가 아닌 JPG 또는 TIF 이미지 화일인 경우 완전 칼라 이미지로 변환한다.
3. 각 픽셀에 대하여 RGB to HSI 값으로 변환시킨 후에, 다시 H, S, L 값으로 변환시킨다[4].
4. HSL 색상 공간을 이중 고깔 색상 공간 데이터로 변환하고, 이 공간을 차지하는 픽셀의 갯수를 계산하여 히스토그램을 구한다
5. 구해진 색상 히스토그램을 정규화시킨다.
6. 5의 과정에서 정규화된 118개 bin의 색상 히스토그램에 대해서 35개 bin에 대한 색상 히스토그램으로 절단 작업을 수행하고, 이를 이용하여 35-차원의 특징 벡터를 구성한다.

#### 3.3.2 모양 이미지 속성

이미지에 존재하는 객체의 모양 특징은 색상이나 질감 특징 추출에서 사용하는 통계적인 방법과는 달리 객관적인 정보로 기술된다. 일반적으로, 이미지에 포함된 객체의 모양은 수정 푸리에 변환(modified Fourier transform) 기법을 이용하여 객체의 경계선(boundary)을 저장하거나, 또는 객체의 공간적인 관계(spatial relationship)에 대한 속성을 추출하여 특징 값으로 사용하는 등 다양한 방법들이 연구되고 있다[9].

본 논문에서는 이미지의 모양 속성을 표현하기 위해서 현재 MPEG-7 표준에서 모양에 의한 이미지 검색 시스템의 실험 모델에서 사용하는 Zernike 모멘트를 선택한다. Zernike 모멘트는 절대값이 회전 불변한 성질을 갖는 복소 직교 모멘트이며, 영상 잡음에 대한 민감도, 정보의 중복성, 영상 표현 능력 관점에서 일반 모멘트, Legendre 모멘트, 회전 모멘트 등에 비해 우수한 것으로 알려져있다[2, 5].

이미지의 모양 특징을 표현한 Zernike 모멘트 값은 Zernike 방사 다항식과 각 차수의 위상 항을 곱해서

1) 35개 bin이 118개의 bin을 사용한 경우에 비해 약 0.03% 정도 검색 정확도가 낮은 사실을 실험으로 확인하였다. 본 연구에서는 정확도 대비 검색 속도 성능 차원에서 0.03%의 정확을 희생시키는 대신에 검색 성능을 향상시키기 위해 35차원 벡터들 구성함.

계산되며[18]. 본 논문에서는 10차까지의 각 차수에 대한 Zernike 모멘트 값 36개를 이미지의 모양 특징 벡터로 구성하여 이용한다. 알고리즘 2는 칼라 이미지로부터 모양 특징 벡터를 추출하는 과정을 기술한다

<알고리즘 2> 모양 특징 추출 과정

- 입력 : GIF, TIF, BMP, JPG 형식의 칼라 이미지
- 출력 : 36-차원 특징 벡터

1. 이미지의 크기에 관계없이 유사한 모양을 식별하기 위해서 입력 이미지를 80×80으로 크기에 대한 정규화를 수행한다.
2. 칼라 이미지를 흑백 이미지(gray-scale image)로 변환한다.
3. 10차까지 각 차수별로 Zernike 모멘트(ZM) 값을 추출하면 36개의 Zernike 모멘트 값이 계산되며, 이를 36차원 모양 특징 벡터로 구성한다.

3.3.3 질감 이미지 속성

이미지의 질감 특징은 확률적으로 연관된 픽셀들의 상호 관계로 정의되며, 일반적으로 부드러움, 거칠, 규칙성, 불규칙성 등과 같은 특성으로 측정된다. 질감 특징을 분석하는 방법에는 Co-occurrence 행렬을 사용하는 통계적인 방법과 푸리에 변환(Fourier transform) 성질에 기반한 주파수 영역에서 스펙트럼을 분석하는 방법 등이 있다.

바다-IV/IR에서 사용하는 질감 특징 벡터는 Co-occurrence 행렬에 기반한 질감 특징의 추출 방법을 확장시킨 이중 Co-occurrence 행렬[20]이다. 이중 Co-occurrence 행렬은 기존의 Co-occurrence 행렬에 비해 크기가 적은 특징 벡터들로 픽셀들의 공간적인 상관 관계를 표현할 수 있다. 알고리즘 3은 칼라 이미지에서 질감 특징 벡터를 추출하는 과정이다.

<알고리즘 3> 질감 특징 추출 과정

- 입력 : GIF, TIF, BMP, JPG 형식의 칼라 이미지
- 출력 : 64 차원 특징 벡터

1. 입력 이미지를 80×80 크기로 정규화시킨다.
2. 입력 영상이 칼라 이미지인 경우 이를 흑백 이미지로 변환한다.
3. 흑백 이미지의 수준을 256에서 8 수준으로 양자화한다.
4. 각 방향 (0°, 45°, 90°, 135°)에 대해서 Co-occurrence 행렬을 계산한다.
5. 각 방향의 Co-occurrence 행렬에 대해서 대각선 원

소들로만 구성된 8×4 행렬 D(diagonal term matrix)과 나머지 원소들로 이루어진 8×4 행렬 SND(sum of non-diagonal term matrix)를 구성한다.

6. D, SND 행렬을 조합하여 하나의 1차원 1×64 행렬을 구성하고, 이를 64차원의 질감 특징 벡터로 구성한다

3.4 유사도 계산 함수

이미지 데이터에서 추출한 특징 벡터들 간의 유사성 측정 방법은 특징 벡터의 종류에 종속적이며, 다양한 유사도 계산식들이 있다[9, 11, 12]. 실제, 유사도 계산 함수를 선택하는 경우에는 유사도 거리 함수가 추출된 특징 벡터의 성질에 부합되는지 그리고 검색하는 경우에 이미지 색인 구조를 활용하는지 고려해야 한다.

유클리디안 거리 함수(Euclidean distance measure)는 특징 벡터의 유사도 평가 척도로 다양한 경우에 유용하게 사용되고, 또한 다차원이나 고차원 이미지 색인 구조에 적용 가능한 유사도 거리 함수이다.

고차원 이미지 색인 구조인 CIR-트리를 근간으로 하는 바다-IV 시스템의 유사도 검색에서는 이미지들 사이의 유사성을 측정하기 위한 척도로써, 색상, 모양, 질감 모든 특징 벡터에 적합한 식 (1)과 같은 유클리안 거리 함수를 이용하며, 식 (2)에 기반한 두 이미지들간의 유사도 값을 결정한다.

$$Dist(Q, D) = \frac{\sqrt{\sum_i^N (Q_i - D_i)^2}}{N} \tag{1}$$

$$Sim(Q, D) = 1 - Dist(Q, D) \tag{2}$$

식 (1)은 바다-IV/MIDAS의 CIR-트리 관리기에서 두 이미지들 사이의 거리 차이를 측정할 때 사용하는 계산식이며, 식 (2)는 이미지 검색 라이브러리의 유사도 검색기에서 질의 이미지와 저장 이미지간의 유사도 값을 결정할 때 이용한다.

3.5 이미지 검색 질의 처리

기존의 SQL 언어에는 이미지의 내용 검색을 위한 구문이 없으며, 데이터베이스 정형 데이터를 이용한 이미지 검색, 전문(full-text)을 이용한 주석 기반 이미지 내용 검색, 그리고 이미지의 시각 정보를 이용한 내용 검색을 데이터베이스 시스템에 통합하기 위해서는 SQL 확장이 필요하다. 이 절에서는 바다-IV 시스템에서 이

이미지 내용 검색 질의를 위해서 SQL을 확장하고, 이를 이미지 내용 검색 질의어와 통합시킨 검색 질의 방법을 설명한다

3.5.1 이미지 내용 검색을 위한 SQL 확장

먼저, 이미지의 특징 벡터를 이용한 이미지 내용 검색을 위하여 이미지 질의어 구문을 새롭게 정의한다 (상세한 구문 구조는 부록 1을 참조). 본 논문에서 정의한 이미지 질의어 구문의 특징은 3.3절에 설명한 특징 벡터들을 복합적으로 사용할 수 있는 구문이기 때문에 하나 이상의 특징 벡터를 이용한 이미지 검색을 통해 이미지 검색의 정확성을 높일 수 있다.

기존의 SQL 구문에 이미지 내용 검색 질의어를 통합하기 위해서 (그림 3)와 같이 SQL SELECT 문의 WHERE절에 “CONTAINS” 프레디캇을 추가시켜 확장한다.

```
SQL = 'SELECT' <target_list>
      'FROM' <class_name> [inherited_class_flag]
      ['WHERE' <search_condition>]
      ['ORDER BY' <sort_list>]
search_condition = <db_predicate>
                  | <image_predicate>
                  | <fulltext_predicate>
                  | <db_predicate> <image_predicate> <fulltext_predicate>
image_predicate := <value_expression> CONTAINS(ImageQuery)
```

(그림 3) 이미지 검색 질의어와 SQL을 결합한 구문 구조

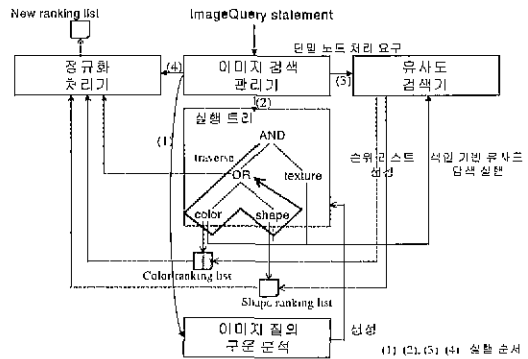
(그림 3)에 제시된 SQL 구문은 기존 SQL 문법과 크게 차이가 없으며, 단지 WHERE절에 <image\_predicate>을 추가 확장시킨 형태이다. <image\_predicate>의 검색 대상은 이미지 자료형 객체 또는 타입이 이미지 자료형인 특정 어트리뷰트가 되며, 검색 대상인 이미지 객체에 대해서 이미지 질의어를 포함한 CONTAINS 메소드를 적용하여 이미지 검색 질의를 처리하게 된다

따라서, 확장된 SQL SELECT문을 이용하여 다음과 같이 “1999년에 촬영된 사진들에서 그림 설명이 산, 강, 바다, 풍경이라 서술되어 있고, 그리고 이 mountain.jpg 이미지의 색상과 모양이 비슷한 이미지 30개를 찾아라”라는 통합된 이미지 검색 질의어를 정의할 수 있다

```
SELECT *
FROM image_db
WHERE date = '1999' and description in "산 & 강 & 바다 & 풍경"
and image CONTAINS("color_fv = (0.12, 0.34,...) AND shape_fv = (3,4,9,...). 30")
```

3.5.2 이미지 내용 검색 질의 처리

3.2절에 언급한 바와 같이 이미지 내용 검색 질의를 포함한 SQL SELECT 구문을 전달받은 바다-IV/OK는 image\_predicate을 이미지 검색 라이브러리의 이미지 검색 관리기에 검색 처리를 요구한다 이 때, 이미지 검색 관리기는 CONTAINS 내에 기술된 이미지 질의어를 기반으로 (그림 4)에서와 같은 처리 과정을 수행한다.



(그림 4) 이미지 내용 검색 질의어 처리 과정

구문 분석기를 통해 생성된 검색 실행 트리의 구성은 오직 한개의 단말 노드 또는, 둘 이상의 단말 노드들 트 이루어진다. 실행 트리의 단말 노드는 하나의 특징 벡터로 구성된 이미지 내용 검색 조건식을 의미하기 때문에 하나의 단말 노드에 대해서 유사도 검색기의 처리 결과는 하나의 순위 리스트가 된다. 만약, 둘 이상의 단말 노드들로 구성된 실행 트리에 대해서는 각각의 유사도 순위 리스트의 결과를 통합시키는 중간 처리 과정이 필요하며, 이를 검색 라이브러리의 정규화 처리기가 수행한다.

서로 다른 두개의 순위 리스트들을 통합하여 하나의 순위 리스트를 생성하는 경우에 유사도 검색 모델이 필요하며, 바다-IV 검색 라이브러리에서는 퍼지 불리언 (fuzzy boolean) 검색 모델과 벡터(vector) 검색 모델 [12]을 제공한다

두 개의 순위 리스트를 통합하여 새로운 순위 값을 계산하는 방법은 아래의 식 (3), (4), (5)와 같다. 식 (3)과 (4)는 퍼지 불리언 검색 모델인 경우에 유사도 값 계산 함수이고, 식 (5)는 벡터 검색 모델인 경우의 유사도 값 계산 함수이다.



$$AND: Sim_{Q_i} = Q_i \wedge Q_j(D) = MIN(Sim_{Q_i}(D), Sim_{Q_j}(D)) \quad (3)$$

$$OR: Sim_{Q_i} = Q_i \vee Q_j(D) = MAX(Sim_{Q_i}(D), Sim_{Q_j}(D)) \quad (4)$$

where  $Q_i, Q_j$ : independent feature vector

벡터 유사도 검색 모델인 경우에는 식 (5)에서와 같이 사용자에게 의해 정의된 가중치(weight)를 반영시킨 유사도 값이 계산된다

$$AND: Sim_Q = Q_i \wedge Q_j(D) = \sum_{k=1}^n \omega_k \times Sim_{Q_k}(D) \quad (5)$$

where  $Q_i, Q_j$ : independent feature vector.  $w$ : weight value.

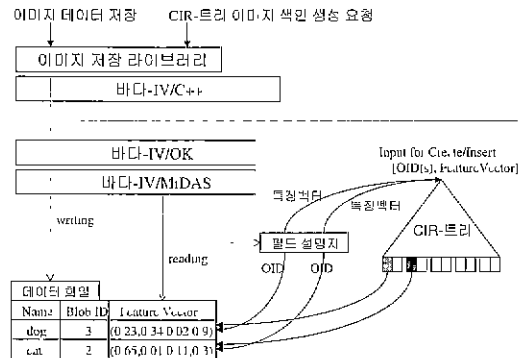
퍼지 불리언 검색 모델과 벡터 검색 모델은 가중치 허용 여부와 여러 특징 벡터를 조합시키는 연산자의 종류에 차이가 있으며, 가중치 부여는 벡터 검색 모델에서만 허용되고, 벡터 검색 모델에서는 특징 벡터의 연결 연산자로 AND만을 허용한다 또한, 벡터 유사도 검색 모델을 이용하여 최종 순위 리스트를 구성할 때에는 순위 리스트에 있는 객체의 유사도 값이 [0, 1]사이의 값으로 조정하는 유사도 정규화 과정이 수행된다

#### 4. CIR-트리 : 고차원 이미지 색인 구조

이미지 검색 성능의 향상을 위해서 바다-IV/MiDAS에서는 고차원 이미지 색인 기법인 CIR-트리를 지원하고 있다. 이 장에서는 CIR-트리를 이용한 특징 벡터의 이미지 색인 구성과 이 색인을 이용한 이미지 검색 과정을 바다-IV/IR 시스템 차원에서 설명하며, 실제 CIR-트리의 이미지 색인 생성, 삭제, 변경 등에 대한 세부 알고리즘은 [19]에 제시되어 있기 때문에 여기서는 기술하지 않는다.

바다-IV 이미지 저장 라이브러리의 이미지 자료형 관리기를 통해 데이터베이스에 저장되는 이미지 객체는 이미 이미지의 특징 벡터 값이 자동으로 추출된 상태이고, 이는 저장 데이터 화일에 해당 객체의 한 필드 값으로 저장되어 있다(그림 5) 참조) 따라서, 이미지 색인의 구성은 데이터 화일에 있는 객체 식별자와 객체 내의 특징 벡터 값을 읽은 후에, 이들을 CIR-트리의 단말 페이지로 구성하고, 이를 CIR-트리에 삽입하므로써 이루어진다

바다-IV에서 이미지 색인을 구성하는 방법은 하나의 이미지 데이터가 이미지 데이터 화일에 저장되는 시점에 CIR-트리에 즉시 반영(online mode)하거나, 또



(그림 5) CIR-트리 색인 구축 절차

는 모든 이미지 데이터가 데이터 화일에 저장된 후에 일괄 처리 방식(batch mode)으로 CIR-트리 색인을 구성할 수 있다. 알고리즘 4는 후자 방식으로 이미지 색인을 구성하는 과정을 기술한다.

<알고리즘 4> CIR-트리 이미지 색인 구성 과정

- 입력 : 이미지와 특징 벡터를 저장한 데이터 화일
- 출력 : CIR-트리 색인 화일

1. 이미지 색인 화일을 생성한다.
2. 이미지 데이터와 이미지 객체 식별자를 저장하는 데이터 화일을 개방한다
3. 데이터 화일에 존재하는 모든 객체의 특징 벡터에 대해서 다음 과정을 반복 수행한다
  - 3.1 객체 식별자와 이에 해당하는 특징 벡터 값을 읽는다.
  - 3.2 객체 식별자와 특징 벡터를 쌍으로 CIR-트리에 삽입한다
- 4 이미지 색인 식별자를 반환하고, 색인 생성 처리를 종료한다

이미지의 내용 검색의 처리는 알고리즘 4와 같은 방법으로 구축된 CIR-트리에서 영역 탐색(range search)과 K개 근접 탐색(K-nearest neighbor search) 두 가지 방법으로 수행된다. 영역 탐색은 CIR-트리를 루트 노드부터 순회하면서 질의 특징 벡터의 최소 경계 영역(minimum boundary rectangle: MBR)과 겹침이 있는 영역에 속하는 하위 노드들을 방문하여 단말 노드에 도달할 때까지 수행한 후, 단말 노드에서는 실제 특징 벡터가 주어진 영역에 속하는지를 검사한 후 탐색 결과를 생성하게 된다 반면에, K개 근접 탐색에서는 방

문한 노드가 K 번째로 만족하는 특징 벡터보다 거리가 짧으면 자식 노드들을 방문하여 이를 임시 결과로 생성하고, 임시 결과 중에서 가장 유사한 노드의 단말 노드를 순환적으로 반복하면서, 그 노드에 있는 특징 벡터를 K 번째 특징 벡터와 비교하므로써 탐색 결과를 생성한다.

이미지 특징 벡터에 대해 구성된 CIR-트리 색인에 기반한 특징 벡터에 대한 두 가지 종류의 유사도 검색 처리는 알고리즘 5와 같이 수행된다.

<알고리즘 5> CIR-트리 색인에서 유사도 탐색 과정

- 입력 : 질의 특징 벡터와 탐색 방법
  - 출력 : 유사도 거리 값이 결합된 객체 식별자 집합
1. 탐색할 CIR-트리 색인 화일을 개방한다
  2. CIR-트리를 순회하면서, 정의한 탐색 방법에 따라서 다음을 수행한다.
    - 2.1 첫번째로 방문한 루트 노드가 단말 노드가 아닌 경우
      - (1) 중간 노드인 동시에 K-근접 탐색일 때, 탐색할 특징 벡터를 포함하는 최소 경계 범위 (MBR)에 있는 노드를 선택하고, 2과정을 반복한다.
      - (2) 중간 노드인 동시에 영역 탐색일 때, 탐색할 특징 벡터로부터 일정 거리에 있는 최소 경계 범위에 있는 노드들을 선택하고, 2 과정을 반복한다
    - 2.2 단말 노드인 경우
      - (1) 단말 노드의 모든 특징 벡터 값들을 검사한다.
      - (2) 단말 노드의 특징 벡터 값과 탐색하고자 하는 특징 벡터가 일치하면 탐색 결과 집합에 객체 식별자와 유사도 거리 값을 등록한다.
  3. 2과정에서 얻어진 탐색 결과를 유사도 순위 값으로 정렬시키고, 이를 반환한다.

5. 실험 결과 및 분석

비다-IVTR 시스템의 구현은 SUN Enterprise 3000 Server에서 C/C++ 언어와 Java를 이용하여 이루어졌으며, 구현된 시스템에 대한 정량적인 성능 평가를 위해 두 가지 종류의 실험을 수행하였다. 첫번째 실험은 이미지 검색 시스템이 얼마나 적합한 이미지를 검색하는가를 측정하는 이미지 검색의 적합성(retrieval effec-

liveness) 평가이며, 두번째 실험은 CIR-트리 고차원 이미지 색인의 성능 평가(검색 속도 평가) 실험이다.

5.1 검색 적합성 평가

3장에서 설명된 이미지의 특징 벡터들이 질의 이미지와 유사한 이미지 집합을 어느 정도 정확히 검색하는가를 평가하기 위해서 본 논문에서는 MPEG-7의 검색 적합성 실험에서 사용하는 BEP(Bull's Eye Performance) 평가 척도[3]를 이용하여 실험하였다. BEP 척도는 아래의 식 (6)에서와 같이 전체 데이터베이스에 R개의 유사한 이미지들이 존재한다고 가정할 때, 유사도 순서로 R의 배수만큼 이미지를 검색하였을 때 관련있는 이미지가 검색되는 비율이다

$$BEP(\%) = \frac{\text{the number of relevant images}}{2R} \times 100 \quad (6)$$

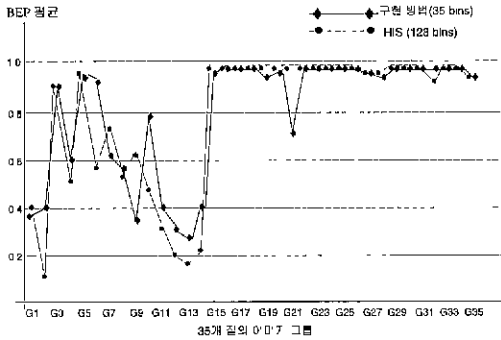
이미지 검색의 적합성 평가 실험에 이용한 이미지 데이터베이스는 ART EXPLOSION 250,000에서 색상과 모양에 대한 적합성 평가를 위해서 선별한 1,308개의 캐릭터 이미지 집합과 질감 특징 벡터의 적합성 평가를 위해 수집한 174개의 자연 이미지 집합으로 구성된다.

적합성 실험은 색상, 모양, 질감 각각의 특징 벡터의 적합성 평가를 위해서 단일 특징 벡터별로 수행하였으며, 색상 특징에 대해서는 1,000번의 질의, 모양 특징에는 308번 질의, 그리고 질감 특징에 대해서는 174번 검색 질의를 수행한 결과의 평균값으로 BEP 적합도를 산출하였다.

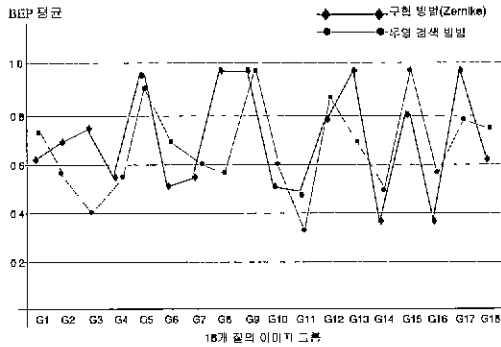
(그림 6(a))는 색상을 이용한 이미지 검색의 BEP 값을 평가하기 위해서 1,000개이 완전 킬라 캐릭터 이미지를 36개의 그룹으로 구분하고, 각 그룹별 색상 검색의 평균 BEP 값을 보여주고 있다. 본 논문에서 구현한 HLS 색상 모델에서 35개 번을 이용한 특징 벡터를 구성하여 검색한 결과가 HSI 색상 모델에서 128개의 번을 이용한 방법에 비해서 약 2% 정도의 우수한 성능을 나타냈다.

그리고 모양 특징 벡터의 적합성 평가는 308개의 이미지를 18개의 그룹으로 구분하여 실험하였고, 그 결과는 (그림 6(b))에서와 같으며, 영역 기반 모양 검색의 다른 방법인 투영(projection)에 의한 검색과 비교할 때, 약 4%정도의 향상된 결과를 나타냈다

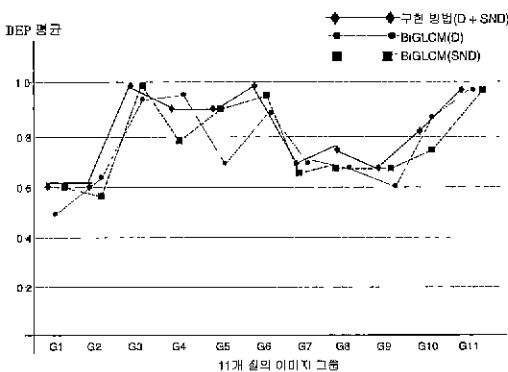
마지막으로, 질감 특징 벡터의 BEP 평가 실험은 174개의 자연 영상 이미지들을 유사한 이미지들의 그



(a) 색상 특징 벡터의 BEP 적합도 평가



(b) 모양 특징 벡터의 BEP 적합도 평가



(c) 질감 특징 벡터의 BEP 적합도 평가

(그림 6) 제안된 이미지 특징 벡터의 검색 적합성 실험 자료

를 11개로 구분하여 실험하였으며, 결과는 (그림 6(c))에서와 같이 D, SND 행렬을 독립적으로 이용한 검색

보다 이 두 종류의 행렬을 통합시킨 검색이 약 1% 정도의 향상된 검색 효율을 보였다

<표 1>은 (그림 6)에 제시된 3가지의 특징 벡터 각각에 대해 수행한 실험 결과의 평균 BEP 값을 보여주고 있다. 특징 벡터별로 기술된 평균 BEP 값은 이미지 데이터베이스에서 질의 이미지와 유사한 이미지들을 검색해 주는 정확도 비율을 의미하며, 예를 들어 색상 특징을 이용한 이미지 내용 검색인 경우에는 81% 정도 정확성으로 비슷한 이미지를 검색함을 나타낸다.

<표 1> 특징 벡터별 검색 적합성 실험 결과

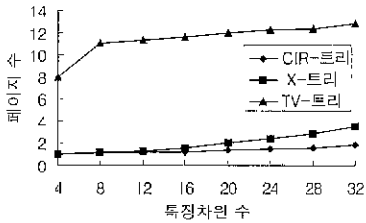
특징 벡터 타입	BEP 평균 값(%)
색상 특징	81.22%
모양 특징	70.24%
질감 특징	81.67%

### 5.2 CIR-트리 이미지 색인의 성능 평가

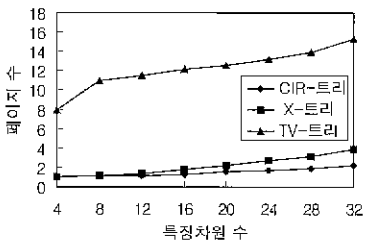
이 절에서는 이미지 색인을 구성하는 CIR-트리의 검색 성능을 평가하기 위해서 검색시 접근하는 페이지의 수를 TV-트리 그리고 X-트리와 비교한 실험 결과를 기술한다. 정확한 성능 실험 결과를 얻기 위해서는 CIR-트리 이미지 색인 구조를 구현한 바다-IV/MIDAS에 TV-트리나 X-트리를 구현한 후, 실험을 진행해야 하지만 두 색인 기법을 MIDAS에 통합하기에는 많은 시간이 요구된다 따라서, 본 CIR-트리의 성능 시험에서는 이를 바다-IV/MIDAS에 통합시키지 않고, 상호 독립된 프로그램으로 실험을 수행하였으며, TV-트리와 X-트리는 원 논문의 저자들이 제작한 프로그램을 수정하지 않고 단지 입력 데이터만 다르게 하였다.

실험 데이터로는 4~32차원의 균일 분포, 지수분포, 정규 분포를 갖는 포인터 데이터 16,000개를 사용하였다. 각각의 색인을 구성할 때 페이지의 크기는 4Kbyte로 하였으며 데이터와 같은 디스크에 색인을 생성하였다.

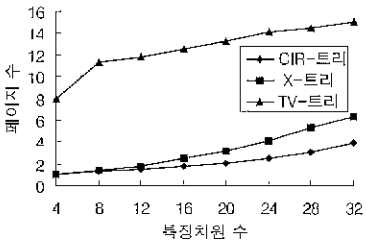
(그림 7)은 균일분포, 지수분포, 정규분포 데이터를 대상으로 최근접 질의 수행시 접근해야하는 페이지 수를 비교함으로써 각 트리의 검색 성능을 비교한 것이다. CIR-트리는 색인에 사용되는 특징 차원을 가변적으로 사용하므로써 상위노드에 많은 수의 하위노드를 저장할 수 있어 높은 분기를 얻을 수 있고, 검색 영역을 최소로 줄여 검색해야 할 하위 노드의 개수를 줄였다 [19]. 이러한 특징 때문에 색인 구조의 높이가 낮아지게 되고 따라서 검색시 디스크의 접근 횟수가 줄어들



(a) 균일분포



(b) 지수분포



(c) 정규분포

(그림 7) 이미지 색인 트리들의 검색 성능 비교

게 된다. (그림 7)에 나타난 결과를 보면 CIR-트리의 디스크 접근 횟수는 기존의 색인 구조에 비해 적을 뿐 아니라 차원이 높아져도 완만하게 증가하는 것으로 보아 고차원 특징 벡터에 적합함을 알 수 있다 또한, 실험 대상 모든 특징 차원에서 CIR-트리가 가장 적은 디스크 접근 횟수를 나타내었다. 이는 고차원 이미지 색인을 구성하는 CIR-트리가 기존의 색인 구조에 비해 우수한 검색 성능을 나타냄을 알 수 있다 실험 결과를 분석하면 CIR-트리 색인 기법이 기존의 X-트리 보다 평균 25%, TV-트리 보다 평균 86%의 검색 성능이 향상되었음을 확인 할 수 있다.

### 6. 요약 및 향후 연구방향

본 논문에서는 객체지향 데이터베이스 기술과 이미

지의 내용 검색 기술을 통합하여 대규모 이미지 데이터베이스를 효율적으로 관리하고, 복합 특징량을 이용한 이미지 검색을 지원하여 검색의 정확성과 고차원 색인 구조를 통해서 검색 성능을 향상시킨 바다-IV/IR 시스템에 대해 기술하였다.

본 연구에서 제안된 바다-IV/IR은 이미지 데이터베이스와 이미지 검색에 활용되는 다양한 메타 데이터를 효율적으로 통합 관리하고, 확장 SQL 언어에 기반하여 이미지 의미 정보인 주석과 색상, 모양, 질감 각각의 시각적인 특징 벡터를 조합한 통합 이미지 내용 검색 질의를 처리할 수 있으며, 또한 이미지의 특징 벡터에 대해서 CIR-트리 고차원 이미지 색인을 구성하여 신속한 내용 검색을 지원하는 특징을 갖는다 그리고 이미지의 내용 검색에서 지원하는 색상, 모양, 질감 각각의 시각적인 특징에 대한 효과적인 특징 벡터의 구성 방법을 제시하였으며, 이를 이용한 이미지 검색의 효과를 입증하기 위하여 MPEG-7에서 이용하는 실험 방법으로 특징 벡터의 적합성 시험을 수행하였고, CIR-트리 색인의 성능 평가를 수행하였다.

본 논문에서 제안한 바다-IV/IR은 이미지 내용 검색이 요구되는 다양한 응용들(전자도서관, 전자상거래 등)에서 이미지 데이터베이스 관리와 내용 검색의 기반 플랫폼으로 활용될 수 있다.

아직까지는 둘 이상의 시각적 특징 벡터를 조합한 검색의 적합성을 평가하는 방법이 없기 때문에 본 논문에서도 단일 특징 벡터에 대한 검색 적합성 실험만을 수행하였으나, 추후에는 이미지의 복합 특징량을 이용한 내용 검색의 적합성에 대한 평가 기준에 대한 연구를 진행하고, 이를 바탕으로 본 논문에서 구현된 특징 벡터들을 조합한 복합 특징량 검색의 효과를 시험하는 적합성 평가를 수행할 계획이다.

### 부 록

부록 1 이미지 내용 검색 질의어 구분에 대한 BNF 표기

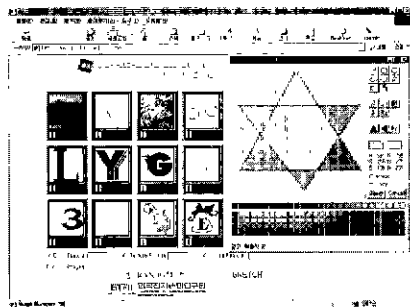
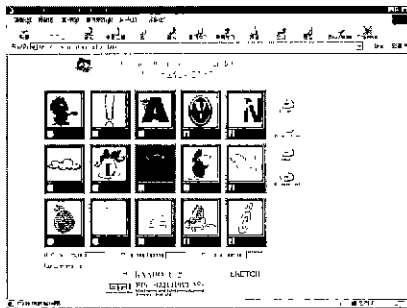
```

image_query_language ::= <query_statement>
query_statement ::= <search_condition> ',' <search_method>
search_condition ::= <fuzzy_predicate> | <vector_predicate>
fuzzy_predicate ::= <fuzzy_predicate> ['AND' <fuzzy_predicate>]
| <fuzzy_predicate> ['OR' <fuzzy_predicate>]
| <feature_predicate>
feature_predicate ::= <feature_type> '=' ']' <feature_vector> ']'
feature_type = 'G_COLOR' | 'G_SHAPE' | 'TEXTURE'
feature_vector = <element_value> '[' <feature_vector>
element_value = float_pointing_value
    
```

```

vector_predicate = "<feature_type> '=' '<feature_vector>' '<weight_val>'
weight_val = float_pointing_value // value between 0 and 1
search_method = <range_search> | <nearest_neighbor_search>
range_search = int_value // value between 0 and 100
nearest_neighbor_search := long_value // the number of searching result
    
```

부록 2. 구현 시스템의 예제와 스케치에 의한 이미지 검색 사용자 인터페이스 모습



참 고 문 헌

[1] A. Pentland et al, "Photobook - Content-Based Manipulation of Image Database," Proc. SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Database II, 2195, 1994.

[2] A. Khotanzad and Y. H. Hong, "Invariant image recognition by zernike moments," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.12, 1990

[3] A. Vellaikal and C. C. Jay Kuo, "Content-Based Image Retrieval Using Multiresolution Histogram Representation," SPIE Digital Image Storage and Archiving Systems. 1995.

[4] A. K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Process-*

*ing*. Prentice Hall, 1989.

[5] C. H. Teh and R. T. Chin, "On image analysis by the methods of moments," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.10, 1988.

[6] J. K. Wu et al "CORE - a content-based retrieval engine for multimedia information systems," ACM Multimedia Systems, 3:25-41, 1995.

[7] J. Huang et al. "Image Indexing using color correlograms," Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition," 1997.

[8] J. R. Bach et al, "The Virage Image Search Engine - An open framework for image management," Proc. SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Database II, 2670. 1996

[9] J. R. Smith and Shih-Fu Chang, "VisualSEEK - a fully automated content-based image query system," Proc. ACM Multimedia, 1996

[10] K. I. Lin, H. Jagadish, and C. Faloutsos, "The TV-tree -- An Index Structure for High Dimensional Data," VLDB Journal, Vol.3, 1994

[11] M. Flickner et al. "Query by Image and Video Content: The QBIC System," IEEE Computer, Vol.29, No.9, 1995

[12] M. Ortega et al. "Supporting Ranked Boolean Similarity Queries in MARS," IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering, Vol.10, No.6, 1998

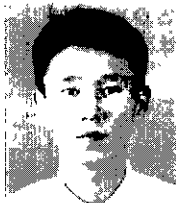
[13] N. Beckmann, H. P. Kriegel, R. Schneider and B. Seeger, "The R\*-tree: An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangles," ACM SIGMOD, 1990.

[14] P. M. Kelly et al "Query by image example - the CANDID approach," Proc. SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Database III, 2420. 1995.

[15] S. Berchtold, D. A. Keim, H-P. Kriegel, "The X-tree: An Index Structure for High-Dimensional Data," Proc. the 22nd VLDB Conference, India, 1996

[16] V. E. Olge and M. Stonebraker, "Chabot: Retrieval from a Relational Database of Images," IEEE Computer, Vol.29, No.9, 1995.

- [17] V. N. Gudivada and V. V. Raghavan, "Content-Based Image Retrieval Systems," IEEE Computer, Vol.29, No.9. 1995.
- [18] Y. S. Kim and W. Y. Kim, "Content-based trademark retrieval system using a visullay salient feature," Image and Vision Computing, Vol.16. 1998.
- [19] 이석희, 유계수, 조기형, 허대영, "CIR-트리: 효율적인 고차원 색인 구조", 정보과학회 논문지, 26권, 6호, 1999.
- [20] 한국전자통신연구원, 캐릭터 이미지의 내용 검색 시스템 개발에 관한 연구, 최종연구보고서, 1999.



**김 영 균**

e-mail : kmyoung@etri.re.kr  
 1991년 전남대학교 전산통계학과 학사  
 1993년 전남대학교 전산통계학과 이학석사  
 1995년 전남대학교 전산통계학과 이학박사

1995년~현재 한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어기술연구소 선임연구원  
 관심분야: 데이터베이스 시스템, 멀티미디어 정보 검색, 정보 보호



**이 장 선**

e-mail : jlee@bada1.etri.re.kr  
 1983년 경북대학교 전자공학과 학사  
 1985년 한국과학기술원 전산학과 공학석사  
 1997년 미국 Syracuse University 전산학과 공학박사

1985년~현재 한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어기술연구소 책임연구원  
 관심분야: 병렬 I/O 및 파일 시스템, 자료저장 시스템, 운영체제



**이 훈 순**

e-mail : hunsoon@ctri.re.kr  
 1997년 충남대학교 컴퓨터학과 학사  
 1999년 충남대학교 컴퓨터학과 이학석사  
 1999년~현재 한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어기술연구소 연구원

관심분야: 데이터베이스, 멀티미디어, 자료저장시스템



**김 완 석**

e-mail : wskim@etri.re.kr  
 1982년 영남대학교 물리학과 학사  
 1992년 계명대학교 전자계산학과 공학석사  
 1998년~현재 한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어기술연구소 책임연구원

관심분야: 실시간 운영체제, DB-웹 연동, 멀티미디어



**김 명 준**

e-mail : joonkim@etri.re.kr  
 1978년 서울대학교 계산통계학과 학사  
 1980년 한국과학기술원 전산학과 이학석사  
 1986년 프랑스 Nancy 제1대학교 응용수학 및 전산학과 이학박사

1980년~1981년 이주대학교 종합연구소 연구원  
 1981년~1986년 프랑스 Nancy 전산학 연구소(CRIN) 연구원  
 1993년 프랑스 Univ. of Nice Sophia-Antipolis 방문교수  
 1986년~현재 한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어기술연구소 책임연구원  
 2000년~현재 한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어기술연구소 소장

관심분야: 데이터베이스, 분산시스템, 인터넷 서비스